

Streszczenie

Celem niniejszej rozprawy, składającej się z cyklu czterech oryginalnych publikacji, było określenie wpływu zastosowania ultradźwięków (UD) podczas przetwarzania wybranych gatunków owoców jagodowych na zawartość związków bioaktywnych oraz właściwości reologiczne otrzymanych przetworów. Potencjał aplikacyjny ultradźwięków w przemyśle spożywczym jest intensywnie badany ze względu na ich nietermiczny charakter, szczególnie istotny w kontekście obecności termolabilnych składników w żywności. Hipotezy badawcze oraz schemat prac eksperymentalnych sformułowano w sposób umożliwiający poszerzenie aktualnego stanu wiedzy w tym obszarze.

W ramach prac eksperymentalnych badano wpływ oddziaływania UD na trzy główne kierunki przetwarzania owoców: produkcję soków, przecierów i suszy. W przypadku soków UD zastosowano jako proces wspomagający ekstrakcję soku z miazgi owocowej oraz homogenizację wytłoczonego soku. Do badań wybrano owoce jagodowe o dużym znaczeniu gospodarczym w Polsce: truskawki, czarne porzeczki, maliny oraz jagodę kamczacką gatunek o wysokim potencjale wdrożenia do uprawy towarowej. W badaniach dotyczących soku i przecieru zastosowano homogenizator ultradźwiękowy o mocy 750 W. Natomiast wspomaganie suszenia realizowano poprzez ciągłe oddziaływanie UD o mocy 200 W, generowane przez płytowy emiter ultradźwiękowy.

W doświadczeniu opisanym w publikacji 1 wykazano, że obróbka ultradźwiękowa pulpy z owoców truskawek i malin prowadzi do zwiększenia wydajności uzysku soku, osiągając efekty porównywalne z maceracją enzymatyczną. W przypadku truskawek wzrost wydajności tłoczenia wyniósł 56% w porównaniu z próbą kontrolną. Jednocześnie stwierdzono, że efekt ultradźwięków jest zależny od gatunku, ponieważ w przypadku czarnej porzeczki niemożliwe było wytłoczenie soku z pulpy po oddziaływaniu UD na miazgę. Sok malinowy uzyskany po maceracji UD charakteryzował się największą zawartością antocyjanów, co skutkowało aktywnością przeciwutleniającą soku o 36,6% wyższą w porównaniu z kontrolą. Interesującym osiągnięciem jest wykazanie, że UD przyczyniają się do zmian na poziomie cząsteczkowym antocyjanów, zmieniając tym samym udział poszczególnych antocyjanów w soku malinowym.

Na podstawie wyników publikacji 2 stwierdzono, że homogenizacja ultradźwiękowa poprawia stabilność fizyczną soku truskawkowego poprzez zmniejszenie wielkości cząstek miąższu, nie powodując przy tym degradacji składników

bioaktywnych. Homogenizacja ultradźwiękowa zmniejszyła udział cząstek o rozmiarze powyżej 25 μm o 45%, przyczyniając się tym samym do ograniczenia sedymentacji w trakcie przechowywania.

Eksperyment przedstawiony w publikacji 3 dotyczył procesu suszenia plastrów truskawek wspomaganego ultradźwiękami, z uwzględnieniem wpływu zmienności odmianowej oraz zawartości związków bioaktywnych produktu finalnego. Otrzymane wyniki jednoznacznie potwierdziły, że technologia ultradźwiękowa skraca czas trwania procesu średnio o około 35%. Ponadto, uzyskane wyniki potwierdziły istotny wpływ cech odmianowych.

W publikacji 4 badania koncentrowały się na wpływie obróbki ultradźwiękowej pulpy z owoców jagodowych na właściwości otrzymanych przecierów. Jednym z osiągnięć pracy było wykazanie, że moment zastosowania ultradźwięków w schemacie technologicznym ma kluczowe znaczenie dla jakości produktu, przede wszystkim dla właściwości reologicznych przecieru. Pomiar właściwości mikroreologicznych wskazały na bardziej płynny charakter przecierów uzyskanych z wykorzystaniem ultradźwięków, a ocena sensoryczna potwierdziła wyższą ich homogeniczność.

Przeprowadzone eksperymenty potwierdzają wysoki potencjał zastosowania ultradźwięków w przetwórstwie owoców jagodowych, zarówno w kontekście poprawy retencji związków bioaktywnych, jak i kształtowania właściwości reologicznych przetworów. W niniejszej rozprawie kompleksowo udokumentowano wpływ ultradźwięków na przetwory z owoców jagodowych, wykazując silny wpływ gatunku i odmiany na uzyskane efekty, aspekt dotychczas słabo reprezentowany w literaturze. Badania wypełniają również lukę w literaturze dotyczącej wpływu obróbki ultradźwiękowej na właściwości sensoryczne produktów i zawierają elementy aplikacyjne dla wdrożenia w warunkach produkcji przemysłowej.

Słowa kluczowe: owoce jagodowe, związki bioaktywne, ultradźwięki, reologia, jakość

Abstract

The aim of this work, consisting of a series of four publications, was to determine the impact of the use of ultrasound (UD) during the processing of selected berry species on the content of bioactive compounds and the rheological properties of the resulting products. The application potential of ultrasound in the food industry is being intensively researched due to its non-thermal nature, which is particularly important in the context of the presence of thermolabile components in food. The research hypotheses and experimental work plan were formulated in a way that would expand the current state of knowledge in this area.

As part of the experimental work, the impact of UD was studied in three main areas of fruit processing: juices, purees and dried fruits. In the case of juices, UD was used both as a process supporting juice extraction from fruit pulp and as a tool for homogenising pressed juice. Berries of high economic importance in Poland were selected for the study: strawberries, blackcurrants, raspberries and hascap berries, a species with high potential for commercial cultivation. In the studies on juice and puree, a 750 W ultrasonic homogeniser was used. Drying was assisted by continuous exposure to 200 W UD generated by a disc-type ultrasonic emitter.

The experiment described in publication 1 showed that ultrasonic treatment of strawberry and raspberry pulp leads to an increase in juice yield, achieving effects comparable to enzymatic maceration. In the case of strawberries, the increase in pressing yield was 56% compared to the control sample. At the same time, it was found that the effect of ultrasound depends on the species, as in the case of blackcurrants it was impossible to extract juice from UD-treated pulp. Raspberry juice obtained after UD maceration showed the highest anthocyanin content, resulting in 36.6% higher antioxidant activity of the juice compared to the control. An interesting finding is that UD contributes to changes at the molecular level of anthocyanins, thereby altering the proportion of individual anthocyanins in raspberry juice.

Based on the results of publication 2, it was found that ultrasonic homogenisation improves the physical stability of strawberry juice by reducing the size of pulp particles without causing degradation of bioactive components. Ultrasonic homogenisation reduced the proportion of particles larger than 25 μm by 45%, thereby contributing to reduced sedimentation during storage.

The experiment presented in publication 3 concerned ultrasound-assisted drying of strawberry slices, taking into account cultivar variability and the content of bioactive compounds in the final product. The results obtained clearly confirmed that ultrasound

reduces the duration of the process by an average of approximately 35%. Furthermore, the results confirmed the significant influence of cultivar characteristics on the drying process.

In publication 4, the research focused on the effect of ultrasonic treatment of berry pulp on the properties of the resulting purees. One of the most important achievements of the work was to demonstrate that the timing of ultrasonic application in the technological scheme is crucial for product quality, especially for the rheological properties of the puree. Measurements of microrheological properties indicated a more fluid character of product obtained using ultrasound, and sensory evaluation confirmed their higher homogeneity.

The experiments conducted confirm the high potential of ultrasound application in berry processing, both in terms of improving the retention of bioactive compounds and shaping the rheological properties of processed products. This dissertation comprehensively documents the effect of ultrasound on berry fruit products, demonstrating the strong influence of species and cultivar on the results obtained, an aspect that has been poorly represented in the literature to date. The research also fills a gap in the literature on the effect of ultrasonic treatment on the sensory properties of products and includes application elements relevant for implementation under industrial production conditions.

Keywords: berries, bioactive compounds, ultrasound, rheology